

Д. А. Солдатов, А. М. Деминов, А. Ю. Рябчиков

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
soldatovdmitri@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСЕВОГО ВЫХЛОПНОГО ПАТРУБКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ДЛЯ МУСОРΟΣЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

В работе изложены проблемы связанные с паротурбинным оборудованием, которое используется на мусоросжигательных заводах. В работе проанализированы влияние конструкции выхлопного патрубка на эффективность работы паровой турбины. Рассмотрен ряд технических решений по выхлопным патрубкам паровых турбин различных производителей.

Ключевые слова: мусоросжигательный завод; паровая турбина; осевой выхлопной патрубок.

D. A. Soldatov, A. M. Deminov, A. Yu. Ryabchikov

Ural Federal University, Ekaterinburg

APPLICATION OF AXIAL EXHAUST OF STEAM TURBINE FOR WASTE-TO-ENERGY PLANT

The paper presents the main results associated with steam turbine equipment, which is used in waste-to-energy plant. The article contains influence of the design of the exhaust on the efficiency of the steam turbine. Considered a number of technical solutions for exhaust of steam turbines of various manufacturers.

Key words: waste-to-energy plant; steam turbine; axial exhaust.

Проблема мусоропереработки в России уже давно приобрела колоссальные масштабы. За год в стране производится около 70 млн тонн бытовых отходов, из которых только 4 % идет в переработку, все остальное отправляется на свалки и полигоны. Их площадь на

сегодняшний день уже превысила 4 млн га, и с каждым годом она увеличивается примерно на 10 %. Выходом из сложившейся ситуации может стать мусоросжигание. Безусловно, при дальнейшей перспективе широкого строительства мусоросжигательных заводов необходимо использовать энергооборудование отечественного производства позволяющее вырабатывать тепло и электроэнергию на нужды потребителя.

При разработке энергооборудования для мусоросжигательных заводов (МСЗ) изготовители данного оборудования сталкиваются с рядом проблем. Одной из таких проблем является отсутствие возможности использования водяного конденсатора для паротурбинных установок (ПТУ) по причине расположения вдали от постоянного источника охлаждающей воды. В связи с этим на ПТУ для мусоросжигательных заводов устанавливают воздушно-конденсационную установку (ВКУ). Поэтому, в конструкции турбин для перехода от части низкого давления (ЧНД) к ВКУ используют осевой выхлопной патрубок (ВП).

Надежная и эффективная работа турбины в значительной мере зависит от работы её ВП. Проблеме создания рационального ВП для мощных паровых турбин уделяется достаточно внимания, но реальные результаты пока невелики. Такое положение вызвано рядом причин, среди которых можно выделить следующие:

- при большом гидравлическом сопротивлении ВП давление за последней ступенью оказывается выше давления в конденсаторе и к потерям с выходной скоростью добавляются потери в самом патрубке. В результате суммарные потери в системе выхлопа находятся на уровне 30...50 кДж/кг;
- неоптимальная организация течения в ВП вызывает большую неравномерность поля скоростей на входе в конденсатор, что снижает эффективность и надежность последнего;
- та же причина приводит к появлению повышенной вибрации встроенного подшипника ЦНД;

- влияние ВП на последнюю ступень турбины способно значительно снизить её надежность;
- традиционная схема отвода пара от последней ступени в конденсатор под углом 90 градусов вызывает появление вихревых течений, значительно снижающих эффективное проходное сечение ВП и генерирующих вторичные течения;
- увеличение габаритов ВП современных мощных паровых турбин подчас невозможно по конструктивным и транспортным причинам;
- значительная неравномерность поля скоростей за последней ступенью не позволяет рассчитывать на высокие коэффициенты восстановления энергии;
- сложность процессов в ВП вызывает необходимость модельных и натурных экспериментов, что связано с значительными затратами.

Для большинства паровых турбин коэффициент полных потерь ВП, характеризующий степень аэродинамического совершенства патрубка, находится на уровне 1,1...1,4 [1]. Потери энергии в ВП паровых турбин, обусловленные сложным характером течения рабочей среды, приводят к повышению давления за последней ступенью турбины, уменьшению располагаемого теплоперепада на турбину и соответствующему снижению экономичности турбоустановки в целом. Кроме того, ВП значительно влияют на условия работы последней ступени турбины, что существенно сказывается на ее экономичности и надежности. Так, например, окружная и радиальная неравномерности полей давления и скорости за последней ступенью, генерируемые течением в патрубке, усугубляют вибрационное состояние рабочих лопаток, а неравномерность поля скорости в выходном сечении патрубка делает условия работы конденсатора отличными от расчетных условий.

Одним из возможных решением данных проблем, является существенное изменение конструкции выхлопных патрубков. Ряд производителей паротурбинного оборудования, таких как Mitsubishi

Hitachi Power Systems, Siemens, General Electric и др., предлагают использовать осевой (аксиальный) выхлопной патрубок, что является особенно актуальным для МСЗ с ВКУ.

Так, по исследованиям General Electric, применение осевого ВП для однопоточных турбин небольшой мощности позволяет снизить абсолютное давление за рабочими лопатками последней ступени, увеличить располагаемый теплоперепад и общую экономичность паровой турбины. При этом КПД осевого выхлопного патрубка, как правило, на 0,25–0,50 % выше, чем у сравнимого традиционного выхлопного патрубка.

Значение экономии топлива в течение срока службы устройства может составлять от 2,5 до 12,5 % стоимости оборудования [2]. Затраты на строительство, а также общая высота здания могут быть значительно снижены благодаря низкопрофильной конструкции. Общий объем необходимого бетона и сложность конструкции фундамента значительно сокращаются. Кроме того, сокращается время, необходимое для проверки выравнивания неподвижной и вращающейся частей турбины.

Список использованных источников

1. Ямалтдинов А. А. Разработка и исследование путей повышения эффективности выхлопных патрубков цилиндров низкого давления теплофикационных турбин : дис. ... канд. тех. наук. 05.04.12 / Ямалтдинов Артем Альбертович; [Место защиты: Ур. федер. ун-т имени первого Президента России Б.Н. Ельцина]. Екатеринбург, 2016. 142 с.
2. Estabrook J. E., Leger R. H. Steam Turbines for Industrial Applications // GE Power System. – 2014 : [Электронный ресурс]. URL: https://www.ge.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/technical/ger/ger-3706d-steam-turbines-industrial-applications.pdf (дата обращения: 20.11.2018).